



Open Archive Toulouse Archive Ouverte (OATAO)

OATAO is an open access repository that collects the work of Toulouse researchers and makes it freely available over the web where possible.

This is an author-deposited version published in: <http://oatao.univ-toulouse.fr/>
Eprints ID: 10431

To cite this document: Siron, Pierre *Simulations distribuées hybrides*. (2013) In: Ingénierie des Systèmes Complexes à Logiciels Prépondérants, 05 November 2013 - 06 November 2013 (Toulouse, France).

Any correspondence concerning this service should be sent to the repository administrator: staff-oatao@inp-toulouse.fr



Simulations distribuées hybrides

Pierre Siron (ISAE)

- C. Gervais, J-B. Chaudron, P. Siron, R. Leconte, and D. Saussie, “Realtime distributed aircraft simulation through hla,” in Distributed Simulation and Real Time Applications (DS-RT), Dublin, 2012.
- J. Hugues, P. Siron and A. Hamez, “PRISE: An Integrated Platform for Research and Teaching of Critical Embedded Systems.” In: Recherche et Innovation pour les Transports du Futur (RITF'12), 12-15 Nov 2012, Paris, France .
- J.-B. Chaudron, M. Adelantado, E. Noulard, and P. Siron, “HLA high performance and real-time simulation studies with CERTI.” (2011) In: 25th European Simulation and Modelling Conference- ESM'2011, 24-26 Oct 2011, Guimaraes, Portugal .
- G. Lasnier, J. Cardoso, P. Siron, C. Pagetti, P. Derler, “Distributed Simulation of Heterogeneous and Real-time Systems.” In: Distributed Simulation and Real Time Applications (DS-RT), Delft, 2013.

- **Objectif : simulation de systèmes cyber-physiques**
- **Projet : la plateforme PRISE**
- **Architecture de simulation distribuée HLA temps réel**
- **Conclusion**

- **Conception et validation de
systèmes cyber-physiques**

- **Simulation** de
systèmes cyber-physiques

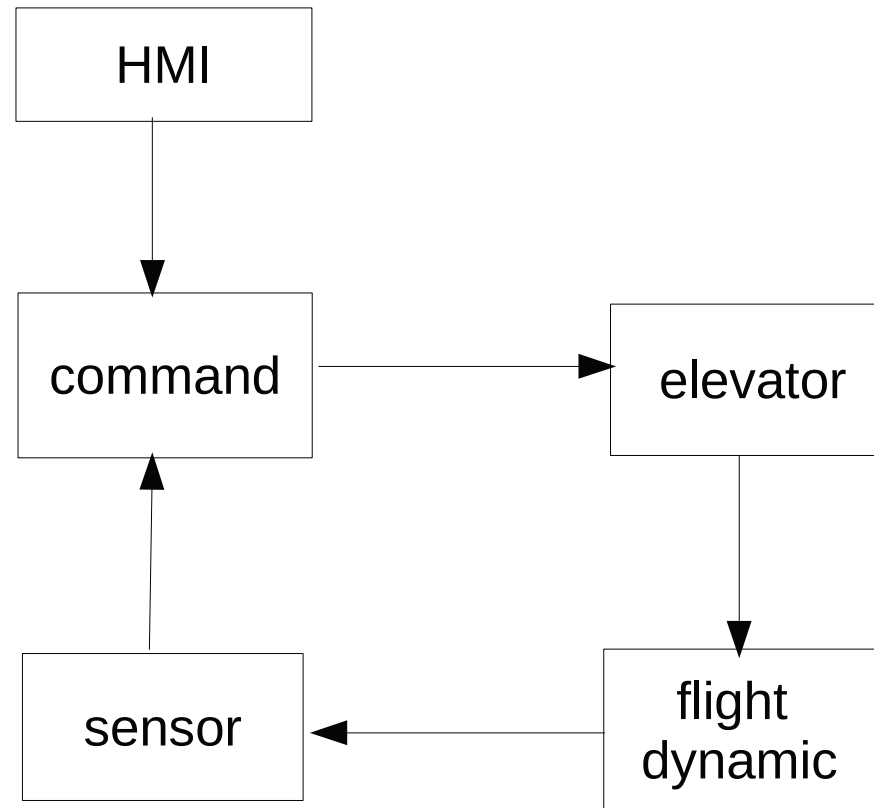
- **Simulation de**
systèmes cyber-physiques
 - > **hétérogènes**
 - > **déterministes**
 - > **distribués**
 - > **temps réel**

• Simulation de

- > **hétérogène**
- > **déterministe**
- > **distribuée**
- > **temps réel**
- > **hybride**

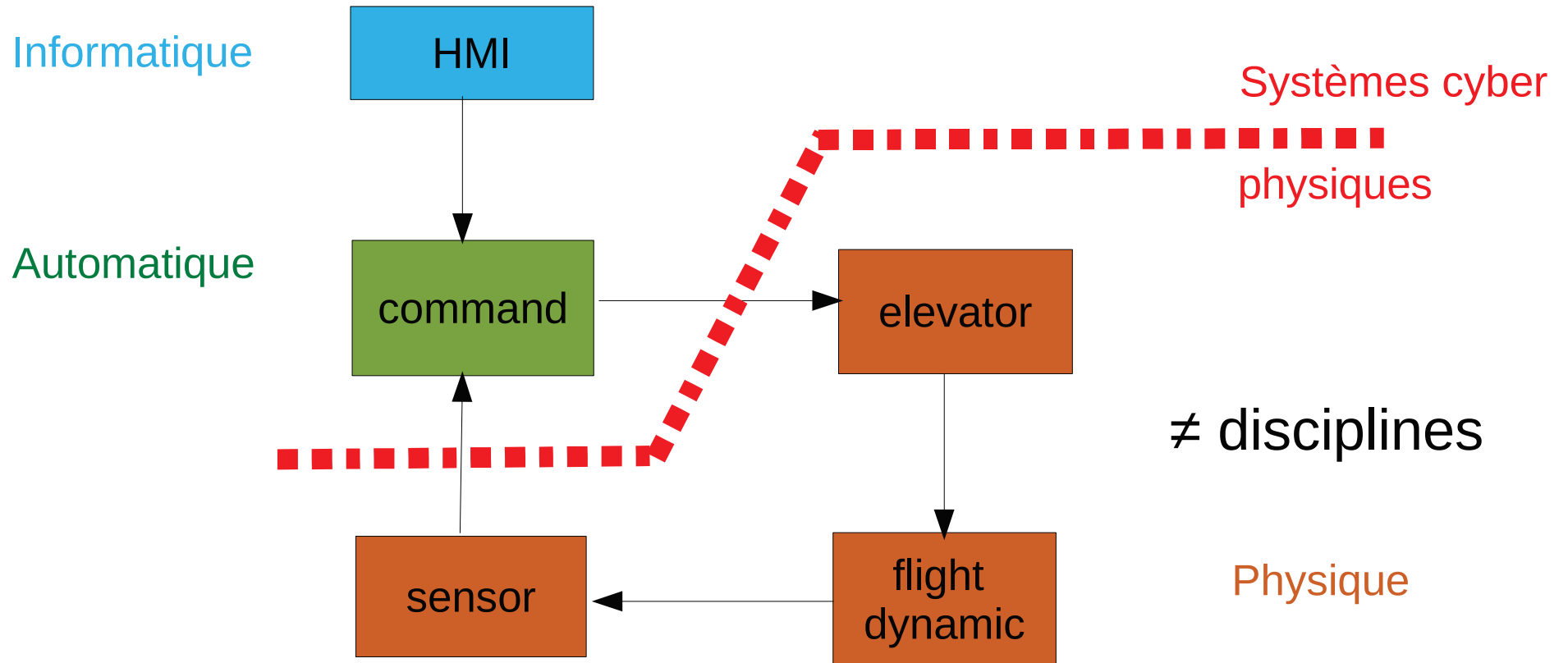
systèmes cyber-physiques

- > **hétérogènes**
- > **distribués**
- > **temps réel ...**



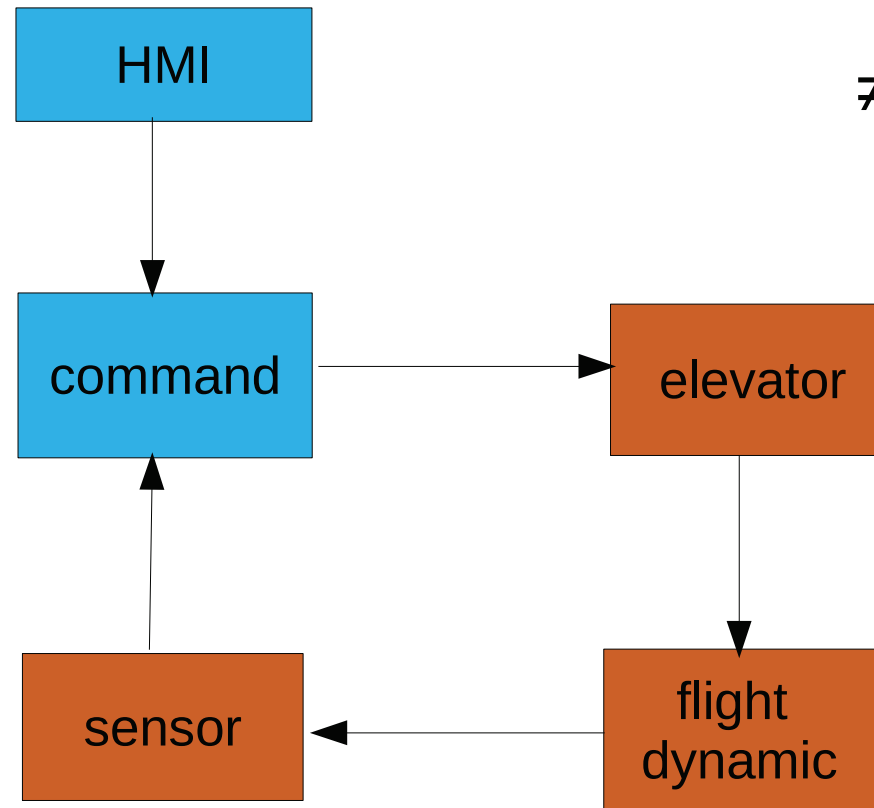
facile ?

Un CPS typique : contrôle longitudinal d'un avion
Comportement fonctionnel ?



Comportement fonctionnel ?
Interactions et objets en commun

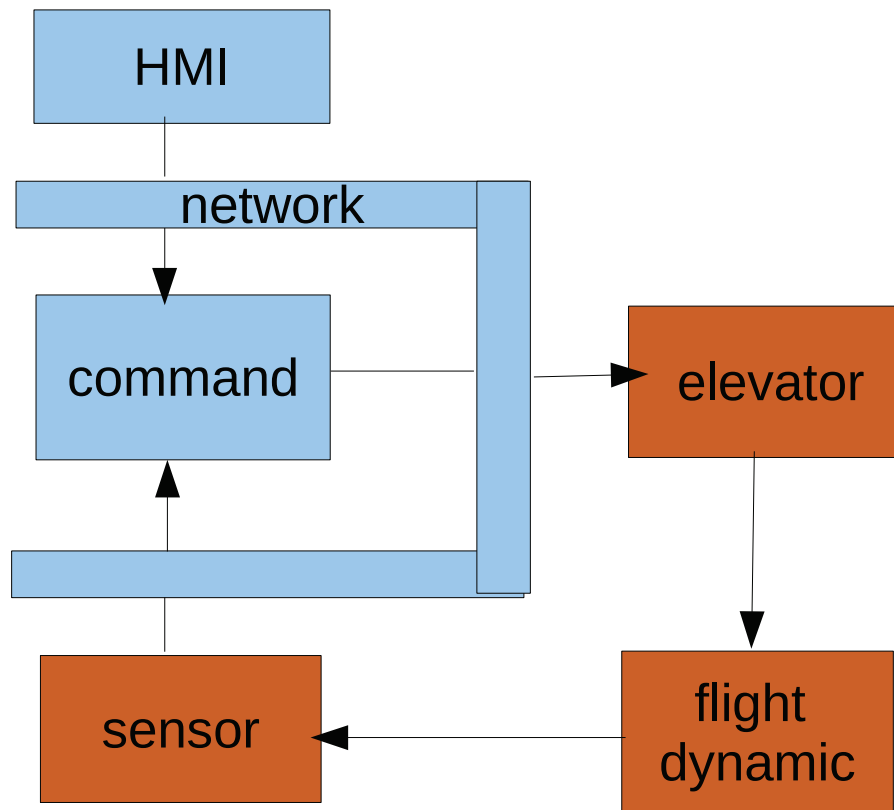
discret



≠ types de modèles

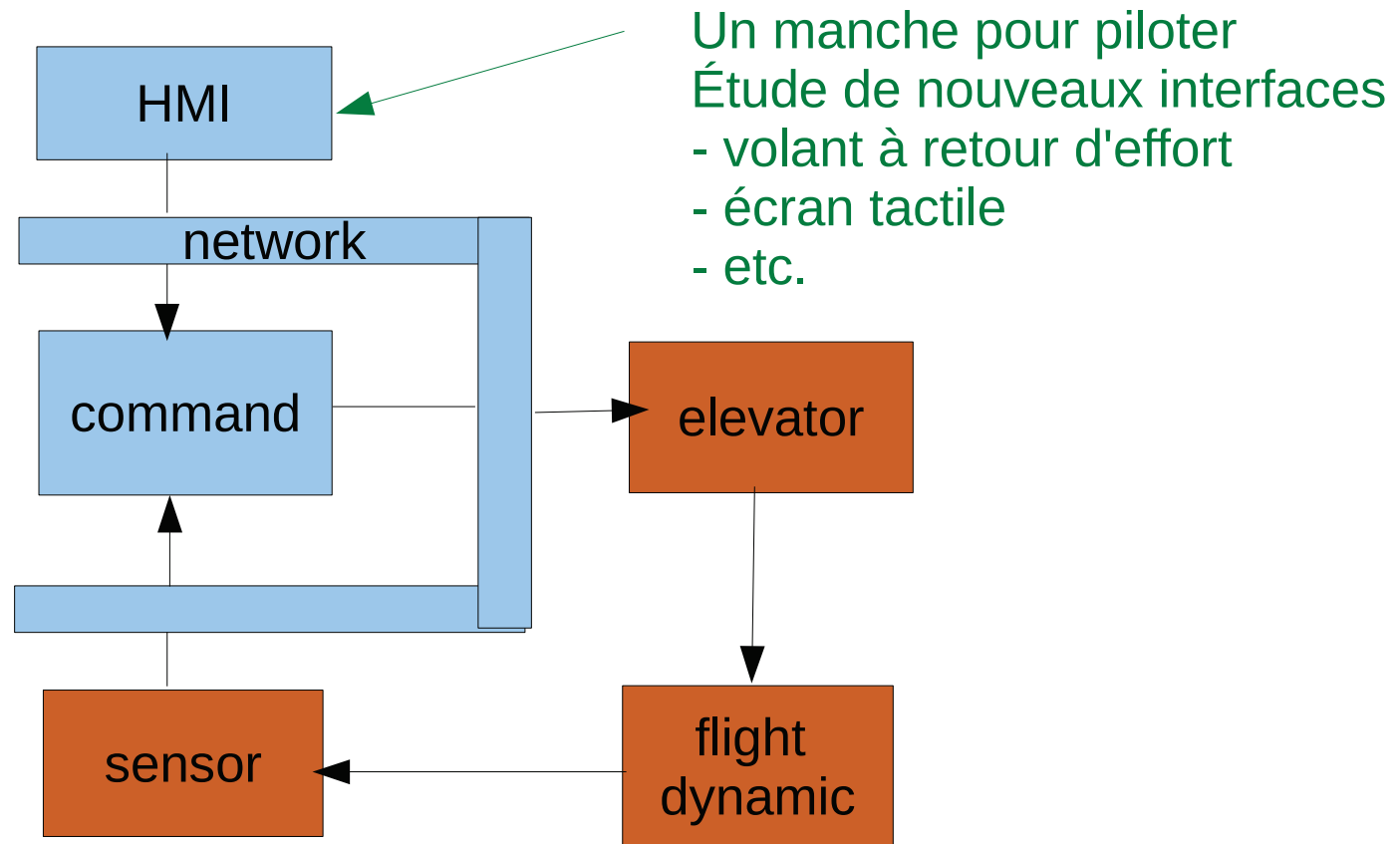
continu

Comportement fonctionnel ?
Différentes notions de temps sont introduites
Le concepteur veut que les modèles interagissent

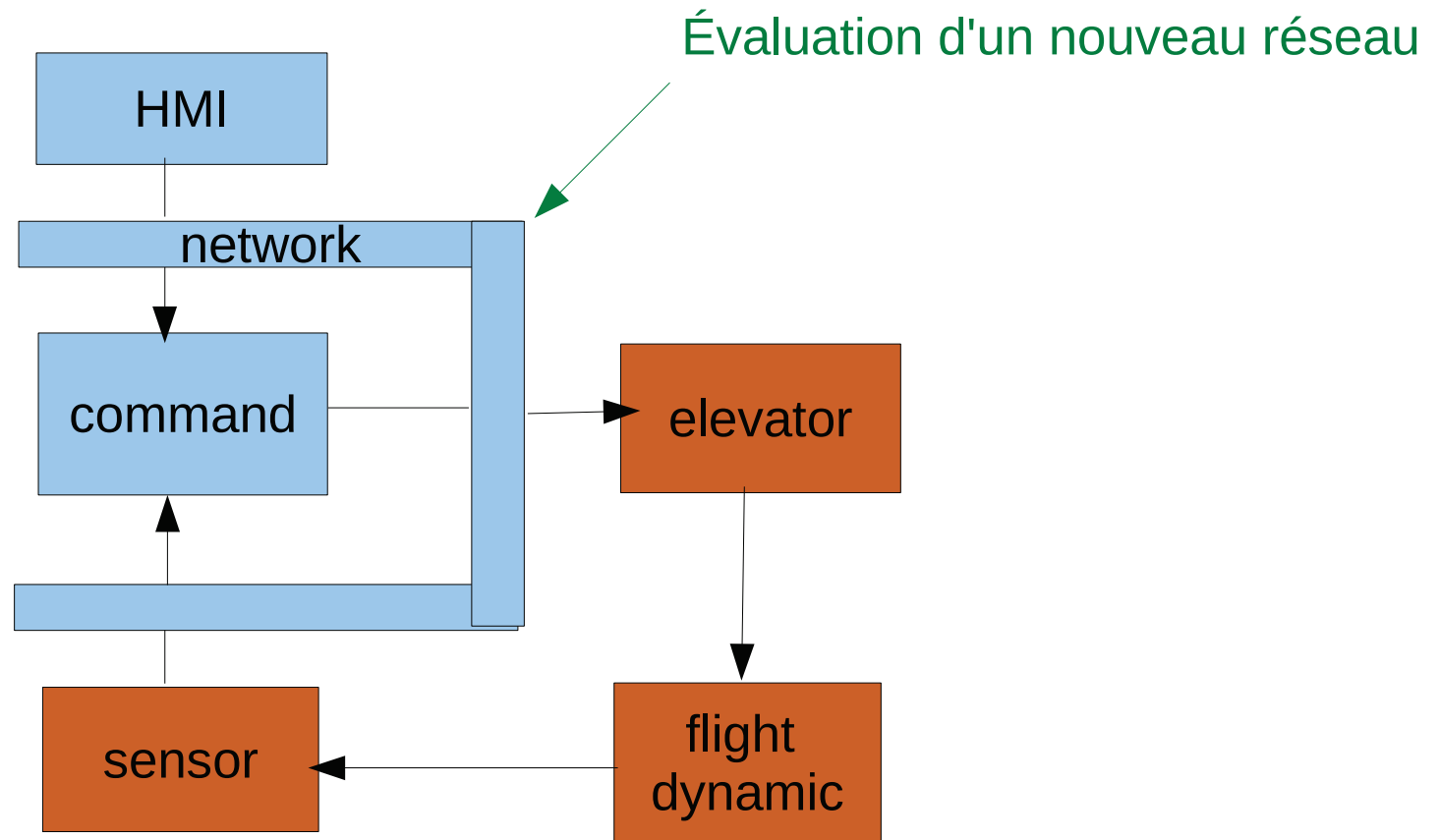


Un raffinement du système cyber
Temps réel, timing, performance, etc.

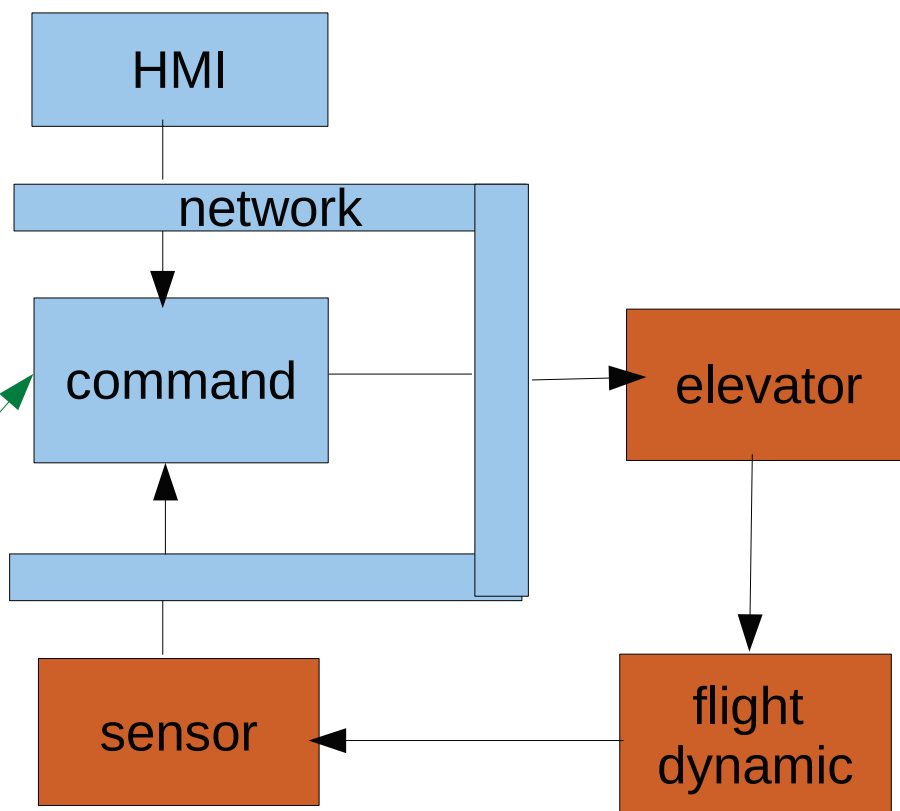
Hybride ?



Hybride ?

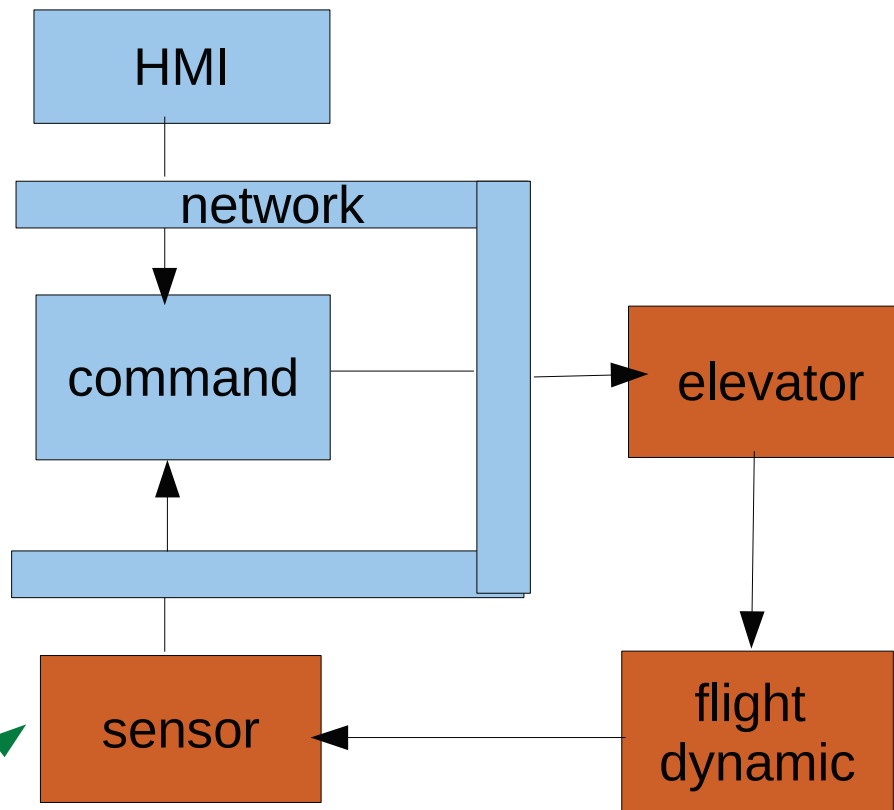


Hybride ?



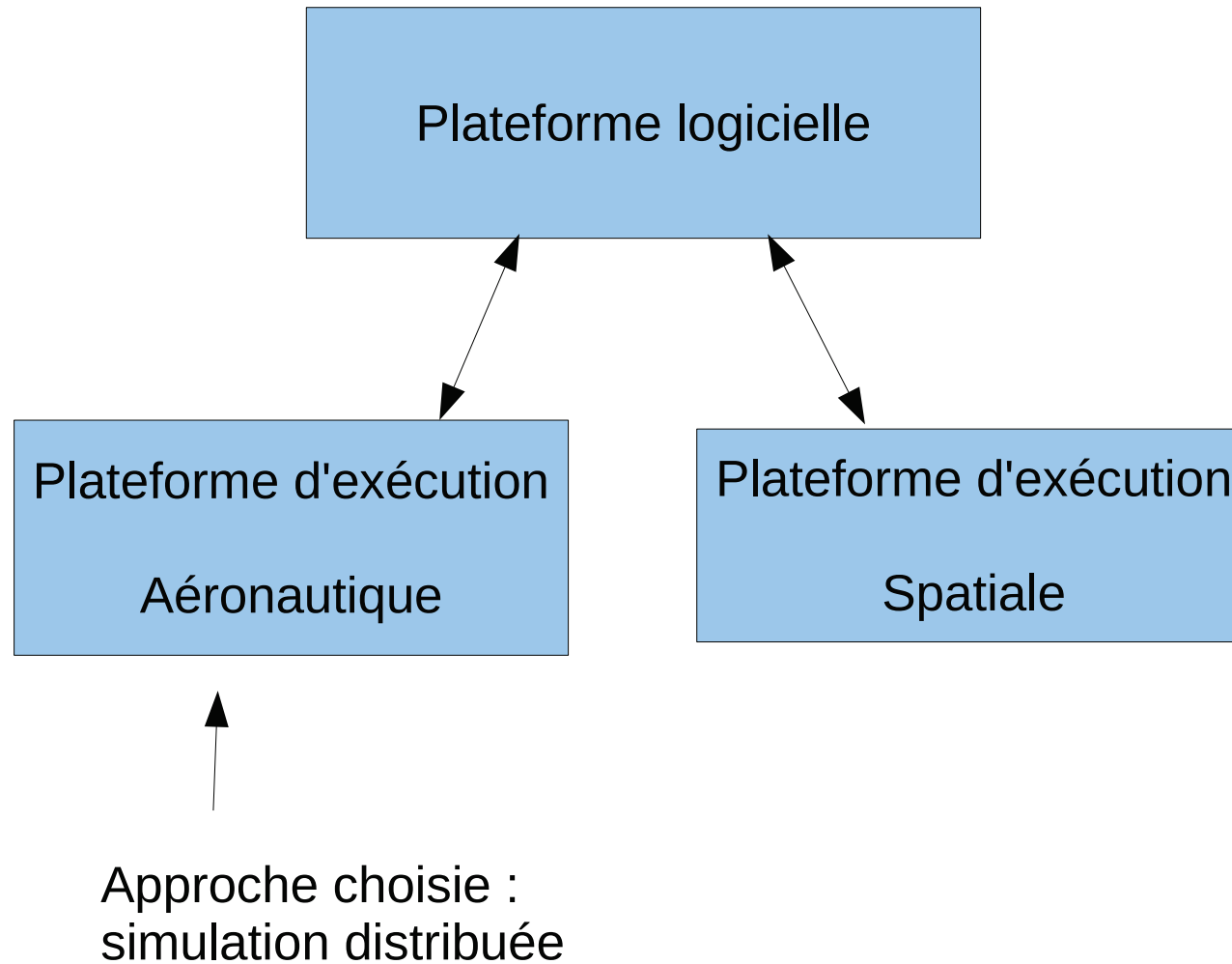
Implantation sur un nouveau processeur

Hybride ?



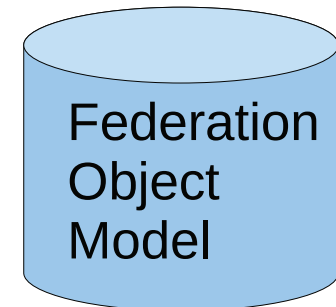
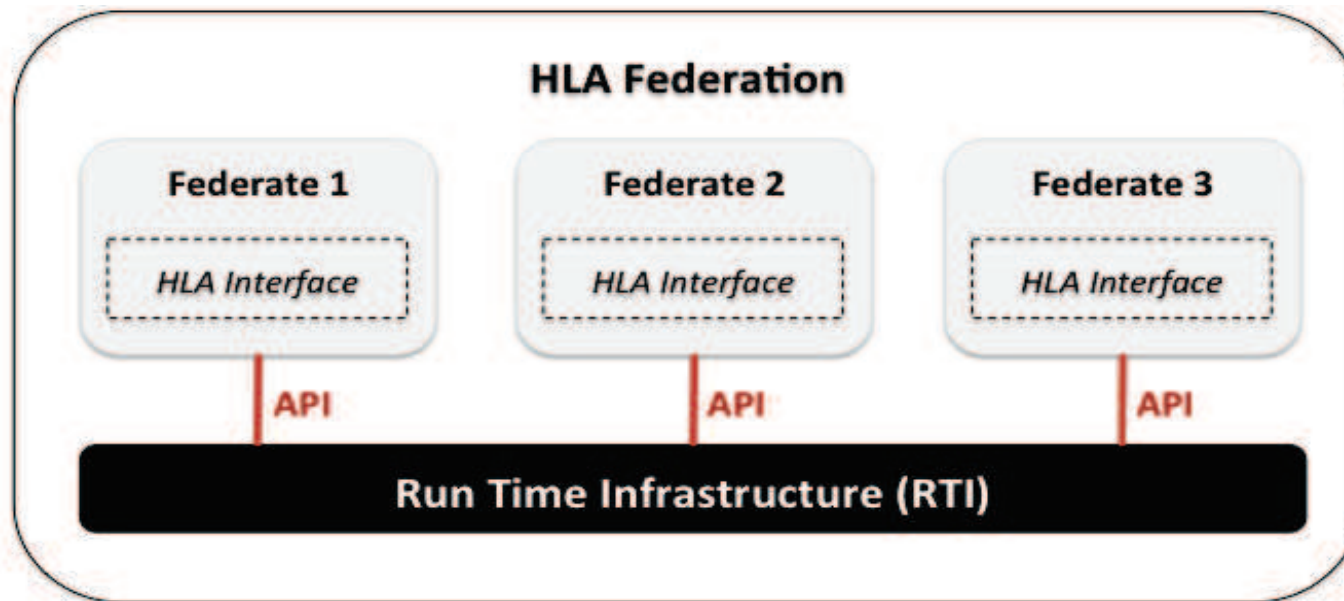
Test d'un
nouveau capteur

- **PRISE** : Plateforme pour l'enseignement et la Recherche en Ingénierie des Systèmes Embarqués
- Étude de nouveaux concepts et techniques pour les systèmes embarqués via un environnement logiciel et matériel spécifique
- Connexion avec de vrais acteurs :
 - § Actionneurs, capteurs ou calculateurs embarqués (Hardware-in-the-loop)
 - § Usagers (Human-in-the-loop)



HLA High Level Architecture

- Architecture de haut niveau pour les simulations à événements discrets
- IEEE standard (1516)
- Interopérabilité et réutilisation



Services HLA (non exhaustif)

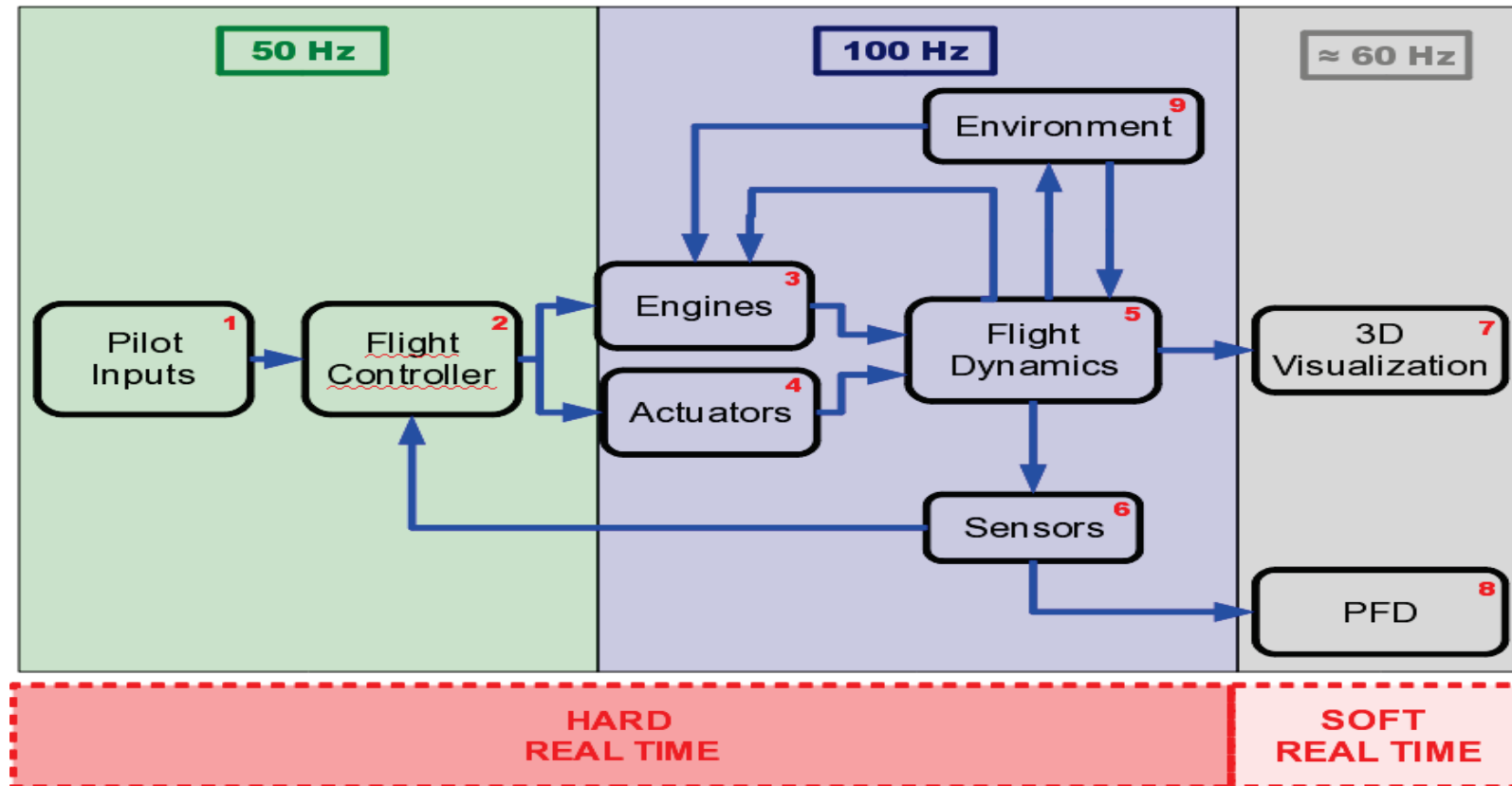
Areas	Services	Description (non-formal)
Federation	createFederationExecution() joinFederationExecution() resignFederationExecution() destroyFederationExecution() registerFed...Sync...Point() sync...PointReg...Succeeded()★ announceSynchro...Point() ★ synchronizationPointAchieved() federationSynchronized() ★ tick()	create a federation join a federation quit a federation destroy a federation register a synchronization point register synchro point succeeded wait a synchronization point release from a synchro. point announce synchronization allow to get callbacks from RTI
Declaration	publishObjectClass() subscribeObj..ClassAttributes() unsubscribeObjectClass() unpublishObjectClass()	declare publication of a class subscribe to a class unsubscribe to a class unpublish a class
Object	registerObjectInstance() discoverObjectInstance() ★ updateAttributeValues(), UAV reflectAttributeValues() RAV ★	register an object instance for object instances discovering send & update value receive updated value
Time	enableTimeRegulation() timeRegulationEnabled() ★ enableTimeConstrained() timeConstrainedEnabled() ★ timeAdvanceRequest(), TAR timeAdvanceGrant() TAG ★ nextEventRequest(), NER	declare federate is regulator federate as regulator succeeded declare federate constrained federate as constrained succeeded ask to advance federate's time notify time advancement granted ask to advance federate's time

- **RTI open-source pour HLA**
 - > **<http://software.onera.fr>**
 - > **Spécifications et mise en œuvre maîtrisées**
 - > **Support au développement de nouveaux services ou de nouvelles mises en œuvre de services**



CERTI, an Open Source RTI, why and how. E. Noulard, J.-Y. Rousselot, P. Siron.
Spring Simulation Interoperability Workshop, San Diego, March 23-27, 2009.

Simulation Distribuée de Systèmes Embarqués



C. Gervais, J. Chaudron, P. Siron, R. Leconte, and D. Saussie, "Realtime distributed aircraft simulation through hla," in Distributed Simulation and Real Time Applications (DS-RT), 2012.

Attribute Table							
Object	Attribute	Data-type	Card.	Units	Update Type	T/A	U/R
AIRCRAFT_ POSITION	LONGITUDE	double	1	m	periodic	TA	UR
	LATITUDE	double	1	m	periodic	TA	UR
	ALTITUDE	double	1	m	periodic	TA	UR
AIRCRAFT_ ORIENTATION	PHI	double	1	rad	periodic	TA	UR
	THETA	double	1	rad	periodic	TA	UR
	PSI	double	1	rad	periodic	TA	UR
AIRCRAFT_ VELOCITY	SPEED	double	1	m/s	periodic	TA	UR
	VERTICAL_SPEED	double	1	m/s	periodic	TA	UR
	ALPHA	double	1	rad	periodic	TA	UR
	BETA	double	1	rad	periodic	TA	UR
	MACH	double	1	∅	periodic	TA	UR
AIRCRAFT_ ANGULAR_ VELOCITY	ROLL	double	1	rad/s	periodic	TA	UR
	PITCH	double	1	rad/s	periodic	TA	UR
	YAW	double	1	rad/s	periodic	TA	UR
AIRCRAFT_ ACCELERATION	ACC_X	double	1	m/s ²	periodic	TA	UR
	ACC_Y	double	1	m/s ²	periodic	TA	UR
	ACC_Z	double	1	m/s ²	periodic	TA	UR

Deux verrous → deux contributions

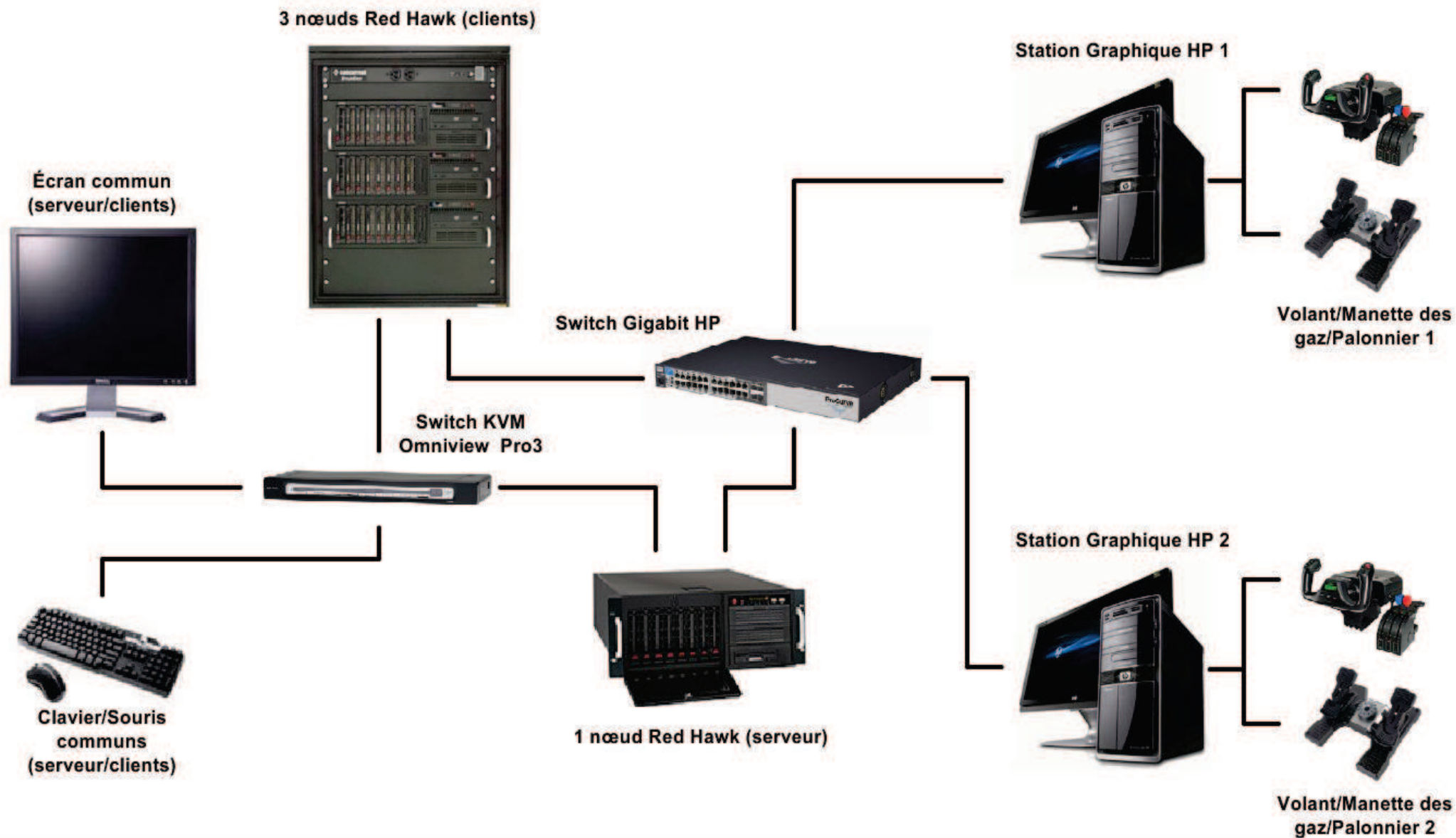
- **Plateforme d'exécution incorporant des éléments réels (un fédéré peut être un interface d'un équipement réel)**
=> temps réel
=> architecture de simulation distribuée HLA temps réel
- **Pérennité de l'architecture de simulation SDSE**
=> modèle objet de SDSE ← modèle objet de référence pour les simulations de systèmes embarqués
(FOM ← Reference-FOM)



Architecture de simulation distribuée HLA temps réel

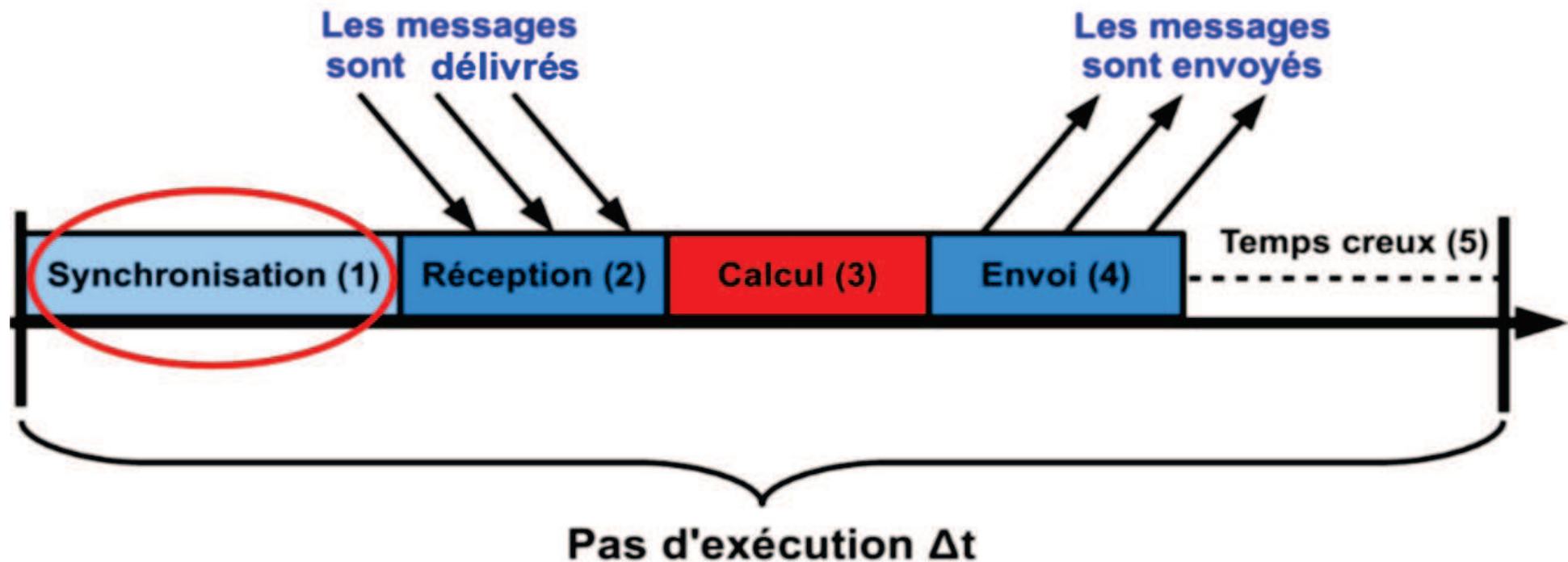
- **Le niveau matériel** : Type de processeurs ? Topologie du réseau ? . . .
- **Le niveau logiciel** : Système d'exploitation ? Protocole réseau ? . . .
- **Le niveau intergiciel** : Norme choisie ? Mécanismes opératoires mis en jeu dans l'intergiciel ? . . .
- **Le niveau application** : Caractéristiques ? Mode de fonctionnement ? . . .
- **Le niveau formel** : Quelles méthodes formelles pour vérifier le comportement du système ? . . .

Les niveaux matériel et logiciel



- **HLA + CERTI**
- **+ Gestion du temps (mise en œuvre de CERTI)**
- Évaluation du pire temps d'exécution d'une demande d'avancée dans le temps
- Étude et mise en œuvre d'un nouvel algorithme (NULL MESSAGE PRIME protocol)

- **Fédéré périodique composé de 5 phases : Synchronisation, Réception, Calcul, Envoi, Temps creux**



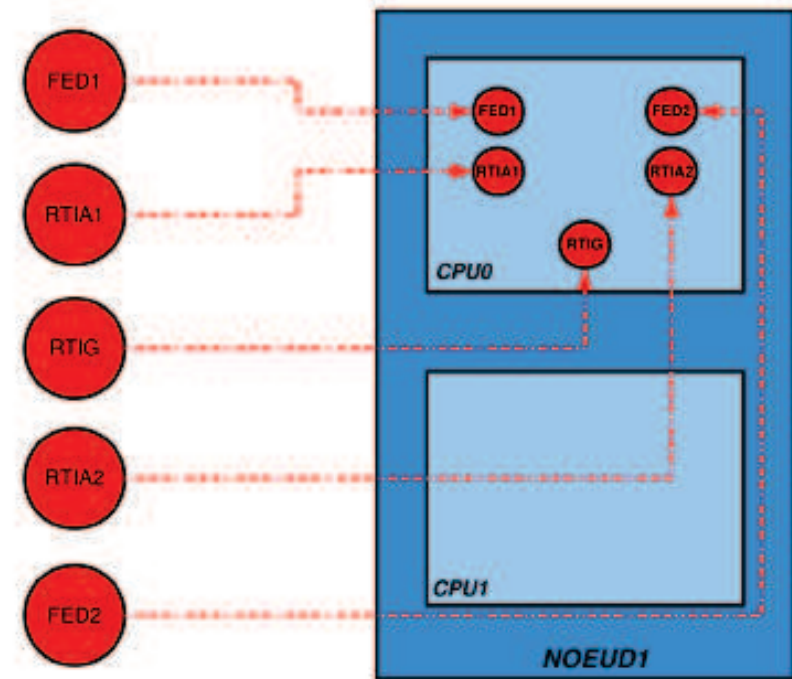
- **Hypothèses :**

- > Application distribuée « statique »
- > Un modèle de tâches avec dépendances
- > Connaissance des pires temps d'exécution de CERTI et des fédérés

- **Analyse globale :**

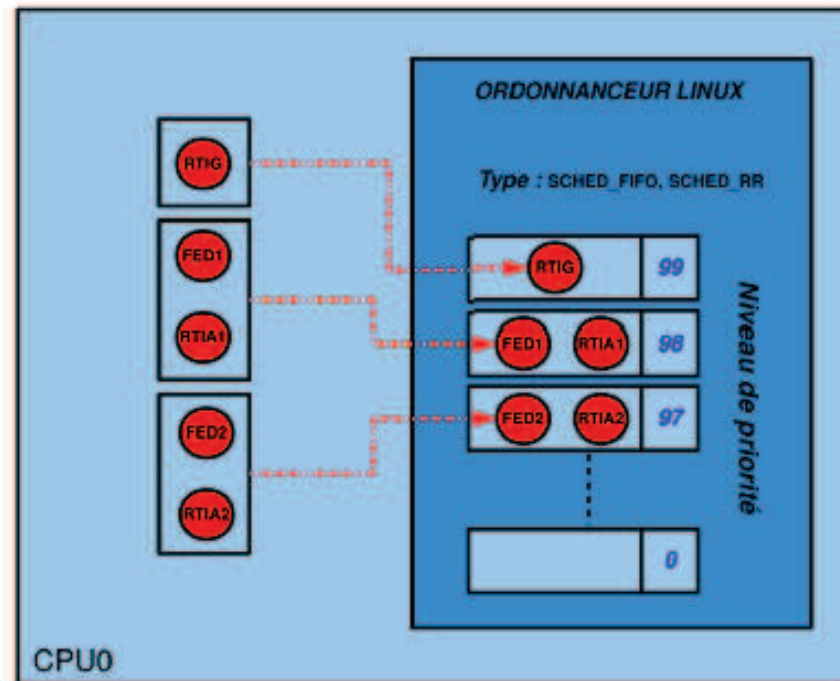
- > Adaptation de l'algorithme de Tindle et Clarck
- > Système ordonnançable ou non
- > Priorités

- Assigner un processus sur un processeur ;
- Éviter les migrations ;
- Extension non-standard de l'API HLA :
 - `get/setAffinityForFederate(...)`
 - ...

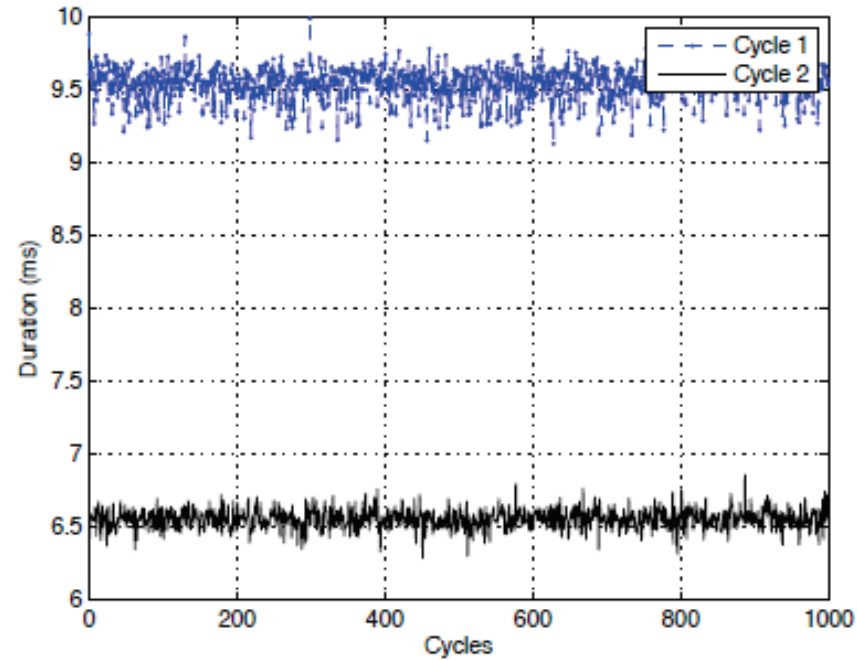


CERTI : gestion de la priorité des processus

- Assigner une priorité aux processus ;
- Notion d'importance entre les processus ;
- Ordre dans l'exécution ;
- Extension non-standard de l'API HLA :
 - `get/setSchedulingForFederate(...)`
 - ...



Résultats (exemple)



- **Démarche méthodologique complète**
- **Automatisation de l'analyse temps réel**
- **Tâches PRISE en cours**
- **Ouverture / accessibilité de la plateforme en cours**